



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Sami Matikainen

VÄYLÄTYÖMAAN DIGITAALINEN LUOVUTUS ST-HANKKEESTA

Tekniikka
2020

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Sami Matikainen
Opinnäytetyön nimi	Väylätyömaan digitaalinen luovutus ST-hankkeesta
Vuosi	2020
Kieli	suomi
Sivumäärä	30 + 4 liitettä
Ohjaaja	Marja Naaranoja

Tässä opinnäytetyössä tutkitaan väylätyömaan digitaalista luovutusta ST-hankkeesta. Tutkimuksen tehtävänä on selvittää, mitä digitaaliseen luovutusaineistoon sisältyy ja kuinka Skanska infra Oy:n hankkeessa Vt 3 ja Vt 18 Laihian kohdalla toimittiin yhteistyössä tilaajan kanssa.

Tutkimuksen teoreettinen viitekehys muodostuu pääosin voimassa olevista yleisistä inframallivaatimuksista ja väylätyömaa hankkeen Vt3 ja Vt 18 Laihian kohdalla urakka-asiakirjoista. Tutkimuksen tavoitteen saavuttamiseen käytettiin erilaisia menetelmiä, kuten tiedonkeräystä verkkosivuilta ja urakka-asiakirjoista sekä pitämällä palaveriteita ohjaavien tahojen kanssa. Keskeisiä käsitteitä tutkimuksessa ovat ST-urakka, digitaalinen luovutusaineisto, infra ja InfraBIM. Tutkimus on toteutettu osittain laadullisena, eli kvalitatiivisena tutkimuksena.

Opinnäytetyön tuloksena syntyi alustava pohja digitaalisen luovutusmateriaalin kehitykselle. Väylärakentaminen kehittyy jatkuvasti, joten digitaalinen luovutusaineisto muuttuu ja muokkautuu tulevaisuudessa. Lopputulos tutkimuksessa oli, että digitaalinen luovutusmateriaali helpottaa rakennusurakan kunnossapitovaihetta, mutta kehitettävää ja opittavaa luovutusaineiston kokoamisessa on.

ABSTRACT

Author	Sami Matikainen
Title	Digital handover of a Design and Build infra contract
Year	2020
Language	Finnish
Pages	30 + 4 Appendices
Name of Supervisor	Marja Naaranoja

This thesis examined the digital handover of infra construction site when using the Design and Build-contract model. The objective of this study was to find out what is included in digital handover material and how Skanska Infra Ltd worked in context of projects of national road 3 and national road 18 in Laihia was operated in cooperation with the customer.

The theoretical frame of reference of this study consists of the common InfraBIM Requirements and the contract documents of the infra construction site on national road 3 and national road 18 in Laihia contract documents. Various methods were used to achieve the aim of this study such as information retrieval on internet website and contract documents as well as meetings held with Skanska to collect information. The central principles are the Design and Build-contract model, digital handover material, infra, InfraBIM. This study was carried out as a qualitative research.

The result on this thesis is a preliminary base for the development of digital handover material development. Infra construction sites are constantly evolving which means that the digital handover material will also change in future. The result of this study was that digital handover material facilitates the construction maintenance phase but there is something to improve and learn when compiling the handover material.

Keywords	Design and Build-contract model, digital handover material, infra and InfraBIM
----------	--

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO	10
1.1	Tutkimuskysymykset	10
2	SUUNNITTELE JA TOTEUTA -URAKKA	11
2.1	Väylähanke ST-hankkeena	11
2.2	InfraBIM	12
2.3	Eri osapuolten roolit.....	13
	Tilaaja	14
	Projektijohto.....	14
	Pääsuunnittelija	14
	Tietomallikoordinaattori	15
	Suunnittelijat	15
	Työnjohto.....	15
	Mittaja	16
	Työkoneenkuljettaja.....	16
2.4	Digitaalinen luovutusaineisto.....	16
2.5	Digitaalisen luovutusaineiston kokoaminen	18
2.6	Digitaalisen luovutusprosessin elinkaari.....	19
3	VT 3 JA VT 18 PARANTAMINEN LAIHIAN KOHDALLA	21
3.1	Hankkeen sisältö	21
3.2	Luovutusaineisto	22
3.3	Aineiston keräystapa	23
3.4	Aineiston tarkastus	24
4	JOHTOPÄÄTÖKSET	26
4.1	Yhteenveto	26
	LÄHTEET.....	27
	LIITTEET	29

KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO

Kuvio 1. Lähtötietoaineisto osana suunnitteluvaihetta.	13
Kuvio 2. Inframallinnuksen luovutusaineiston muodostuminen vaiheittain	19
Kuvio 3. Väyläviraston hankinnan rooli palveluiden tuottamisessa ja hankinnan tavoitteet.	20
Kuvio 4. BEM-projektipankin kansiorakenne	24

LIITELUETTELO

LIITE 1. Urakkasopimus 30.10.2015 (luottamuksellinen)

LIITE 2. Urakkaohjelma 28.10.2015 (luottamuksellinen)

LIITE 3. Urakkakohtaiset tuotevaatimukset ja arvonvähennykset 28.10.2015 (luottamuksellinen)

LIITE 4. Toiminta- ja laatusuunnitelma Vt3 ja Vt18 Laihia 28.07.17 (luottamuksellinen)

KÄSITTEET

Seuraavassa on lueteltu tämän opinnäytetyön kannalta oleelliset käsitteet.

InfraBIM	Building Information Model on vapaasti suomennettuna rakennuksen tietomalli. Infra-alalla puhutaan vastaavasti InfraBIM:stä. Termiä BIM käytetään kuitenkin myös infra-alalla building-sanasta välittämättä, mutta useasti tullaan käyttämään selvennyksen takia etuliitettä infra.
Digitaalinen luovutusaineisto	Toteumamallista ja laadunvarmistusaineistosta muodostuu luovutettava aineisto, joka tulee todentamaan rakentamisen laadun ja näin ollen toimii lähtötietona kunnossapitovaiheelle.
IFC	Industry Foundation Classes; talonrakennuspuolella LandXML:ää on vastaava standardi, johon IFC-tiedonsiirtoformaatti perustuu tämä puolestaan vastaa Inframodel tiedonsiirtoa.
YIV	Yleiset Inframallivaatimukset, https://buildingsmart.fi/infrabim/yiv/
DWG	Tiedostoformaatti, johon voidaan tallentaa kolmiulotteista geometria- ja ominaisuustietoa. (drawing)
InfraRYL	Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset sisältäen infrarakenteiden teknisten ja toiminnallisten vaatimusten kuvauksen.
Inframalli	Infrarakenteista koostuva tietomalli.

Inframodel	Kansainväliseen LandXML-standardiin pohjautuva avoin tiedonsiirtoformaatti, joka tällä hetkellä on toiminnassa infra-alalla.
Metatieto	Asiakirjallisen tiedon sekä tietojen hallintaan ja käsittelyyn sekä niiden koko elinkaaren ajan kuvailevaa tietoa.
Lähtötietomalli	Eri tietolähteistä vastaanotetut tai mitattujen tuotteiden, toiminnan ja palveluiden suunnittelujen vuoksi hankitut lähtötiedot digitaalisessa muodossa jäsennettyinä. Sisältää myös aiempien vaiheiden suunnitelma-aineistot.
Suunnitelmamalli	Mallipohjainen suunnitelma, jolla tarkoitetaan infrarakenteen tai -järjestelmän mallia, joka kattaa suunnittelijoiden suunnitteluratkaisut.
Tietomallikoordinaattori	Useasti suunnitteluorganisaatioon lukeutuva tietomallikoordinaattori vastaa hankkeen tietomallinnuksesta sekä valvoo, että tiedonhallintaa tullaan tekemään vaadittavien ohjeiden mukaan.
Tietomalliselostus	Kertoo, kuinka mallinnus on toteutettu läpi koko hankkeen ajan. Mikäli lähtötietomalli on toteutettu samassa projektissa, tulee malli yhdistää tietomalliselostukseen.
Toteumamalli	Inframalli, mikä kuvaa infrarakenteen tai -järjestelmän senlaatuksena kuin se on toleranssit huomioon otettuna toteutettu. Voidaan toteuttaa täydentämällä ja päivittämällä rakennussuunnitelma tai sitten toteutusmallia rakenteen lopullisen toteuman mukaan.

Toteutusmalli

Inframalli, mikä kattaa toteutuksen näkökannan, eli rakentamisen tehtävät, resurssit, ajoituksen, jne. Voi myös tarkoittaa suunnittelumalleista tehtyjä työko-
neiden koneohjausmalleja tai mittauksia, ja maastoon
merkintöjen vuoksi laadittuja paikalleenmittausmal-
leja.

1 JOHDANTO

Tutkimuksen aiheena on käsitellä väylätyömaan digitaalista luovutusta ST-hankkeesta. Infrarakentamiseen kuuluvat esimerkiksi teiden, patojen, siltojen, vesihuollon, energia-alan, patojen ja jätevesipuhdistamoiden sekä energialaitosten rakentaminen. Tässä työssä keskitytään yhteen tienrakennushankkeeseen eli Vt 3 ja Vt 18 parantaminen Laihian kohta ja tämän hankkeen luovutusvaiheen prosessi käytäntöihin.

Tutkimuksessa pyritään havaitsemaan, kuinka luovutusmateriaalia suunnittele ja toteuta -hankkeesta tulisi kerätä ja mitä kaikkea luovutusmateriaaliin tulisi sisällyttää. Tutkimuksen tavoitteena on kuvata digitaalisen väylätyömaan luovutusprosessin sisältö selkeällä ja yksinkertaisella tavalla. Tarkoituksena on helpottaa luovutusaineiston kokoamista digitaaliseen muotoon jo työvaiheen aikana, ettei luovutusvaiheessa olisi kovin suurta työtä enää jäljellä.

1.1 Tutkimuskysymykset

Tutkimus alkoi taustatiedon hankinnalla yhteistyössä Skanska infra Oy:n luovutusmateriaalista vastaavien toimihenkilöiden kanssa sekä tutkimuskysymyksien laatimisella. Tässä tutkimuksessa tutkimuskysymyksiä ovat:

- Mikä on ST-hanke?
- Mitä tarkoittaa digitaalinen väylätyömaan luovutus?
- Mitkä ovat eri osapuolten roolit?
- Mikä on Laihian työmaa hankkeen digitaalisen luovutusmateriaalin sisältö sekä keräystapa?

Tutkimuksen toteuttamiseksi käytetään erilaisia tutkimusmenetelmiä. Tässä tutkimuksessa tutkimusmenetelmänä käytetään laadullista kvalitatiivista tutkimusta. Kvalitatiivinen tutkimus on tieteellisen tutkimuksen menetelmäsuuntaus, missä yritetään ymmärtää kohteen laatua, ominaisuuksia sekä merkitystä kokonaisvaltaisesti monella eri tavalla. /17/

2 SUUNNITTELE JA TOTEUTA -URAKKA

ST-hanke eli Suunnittele ja toteuta -urakka on yksi rakennusalan erilaisista hanke-muodoista. ST-urakkamuotoon liittyy hankeen rakennesuunnitelmien tuottaminen ja rakennustöiden toteuttaminen urakka-asiakirjojen edellyttämällä laajuudella niin, että käytetyt rakennusaineet, rakenteet ja lopputulos täyttää niille asetetut vaatimukset. /1, 4/ Suunnittelu, toteutus ja ohjaus tulevat kohteessa kuulumaan urakoitsijan vastuulle, jos kyseessä on suunnittelun ja toteutuksen sisältävä urakka. Näin tilaajalta ei vaadita kovinkaan paljon resursseja projektin toteutusvaiheessa. /7, s. 34/

ST-urakkaa hankittaessa tullaan kilpailuttamaan pääosin vain urakkahinta. Urakkamuodossa tarjoushinta on sitova ja rakennuttajan asettamien vaatimuksien ja laadun muutoksien mukaan aiheutuu lisäkustannukset. Urakoitsija ja tämän alaisuudessa toimivat suunnittelijat luovat heidän yhteisten tavoitteiden mukaan parhaan mahdollisen ratkaisun tarjouksesta. Suunnittelua sisältävissä urakkamuodoissa rakennuttajan on tiedettävä ja kyettävä määrittelemään tarkkaan suunnittelun sekä lopputuloksen laatu- ja toteutusvaatimukset. Joustovaraa on kuitenkin aina hyvä jättää, jotta urakoitsija voi tarjota erilaisia tarjousvaihtoehtoja. Haasteet urakkamuodossa on sopimukseen määritettävät laatutasot ja myös muutokset, joita rakennuttaja saattaa tehdä suunnitelmiin toteutusprosessin aikana. Edut ST-urakassa on, että suunnittelu ja toteutus voidaan keskittää yhdelle yritykselle, joten suunnittelussa voidaan hyvin ottaa huomioon myös toteutus ja sen kustannukset myös oikein ja laadullisesti hyvin suoritettu ST-urakka mahdollistaa hyviä tuloksia kustannustehokkaasti. /1, s. 4/

2.1 Väylähanke ST-hankkeena

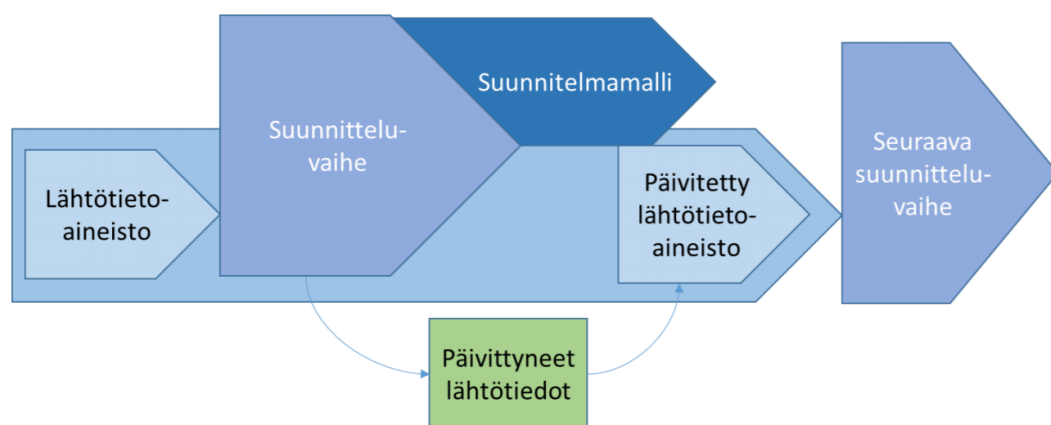
ST-urakkamuoto infrarakentamisessa ei ole ollut kovinkaan yleistä. Suuret infrarakennus hankkeet toteutetaan yleensä STk- tai allianssi urakkana. Syynä voidaan pitää rakennuttajaorganisaation kokemuksen puutetta ST-hanketoteutusmuodosta. Suomessa on todella pitkät perinteet ja hyvä osaaminen kestävän infran suunnittelussa ja rakentamisesta vaativiin olosuhteisiin.

Väylähankkeet ST-urakkamuotona eivät ole kovin yleisiä verrattuna talonrakennustyömaihin. Yhtenä merkittävänä syynä tähän on infrarakentamisen erilaiset rakennuspaikat. Talonrakennuksessa kyseessä on yksittäinen tontti, jolle rakennetaan, kuin taas infratyömaan osalta väylät vaativat todella paljon maa-aluetta. Tämä määrittää todellisuudessa todella ahtaat paikat rakenteiden sijainnille, ettei toisistaan huomattavasti eroavia vaihtoehtoja ole kelpoista suunnitella. Poikkeuksena ovat tietenkin sellaiset infrarakentamiseen lukeutuvat rakenteet, joidenka tarpeellisuus tiettyyn sijaintiin on selvästi määritetty (esim. sillat) ja myös rakenteet, jotka voidaan toteuttaa rakennusteknisesti eri keinoin. Tämänlaiset infrarakenteet tulevat soveltumaan ominaisuuksiensa vuoksi ST-urakkamuotona suoritettaviksi. /7, s. 14/

2.2 InfraBIM

Infra Building Information Model eli InfraBIM on infrahankkeen tietomallintamisen yhteinen nimeämiskäytäntö, joka palvelee infrarakenteita ja -malleja hankkeen koko elinkaarenvaiheissa. Tietomallintamisen tavoitteena on suunnittelutiedon kulkeminen infrahankkeen eri vaiheiden läpi rakenteiden alustavasta suunnittelu muodosta valmiin rakenteen ylläpito vaiheeseen saakka nopeasti ja helposti ilman tietojen katoamista. Tietomallintamisen hyödyntämisen ja toiminnan edellytyksenä on kuitenkin jokaisen mukana olevan osapuolen aktiivista tietomallin hyödyntämistä ja malleihin aktiivista tietojen tuottamista. /4./

Infrahankkeita varten muodostetaan lähtötietoaineisto sekä muodostusprosessille asetetut vaatimukset. Aiemmin lähtötietoaineistosta on puhuttu nimellä lähtötietomalli. Lähtötietoaineisto on kokoelma erilaisista lähtöaineistoista, lisäksi myös erityisesti tietynlainen keino koota, muokata ja hallita hankkeen lähtöaineistoja. Sillä suunnitteluprosesseissa asetetaan paljon painoarvoa aineistojen luotettavuudelle ja täsmällisyydelle, siksi on todella tärkeää dokumentoida lähtöaineistoihin yhdistyvät alkuperä- ja metatiedot, joka kuvaa mallin sisältämien aineistojen ja tietojen ominaisuus- ja taustatietoja. Tavoite tällä on sovittaa lähtötietoaineisto mahdollisimman pitkälle suunnittelua ja rakentamista hyödyttävään ulkomuotoon. /2, s. 53/



Kuvio 1. Lähtötietoaineisto tukena seuraavalle suunnitteluvaiheelle. /14, s.18/

Lähtötiedot, varsinkin raaka-aine tiedot pyritään hankkimaan riittävän ajoissa, sillä suunnittelutyön aloittaminen ei saisi viivästyä, sillä lähtötietojen kokoaminen saat-
taa olla todella vaivalloinen prosessi. Lähtötietomalli pystytään myös hankkimaan
erillisenä toimeksiantona, jolloin malli on jo valmiina osana tarjouspyyntöaineistoa.
Lähtötietomalli on hyödynnettävissä jo tarjousvaiheessa, jos hankintojen aiempi
vaihe on toteutettu tietomallipohjaisesti. Lähtöaineistot tulee aina tarkistaa ja päi-
vittää hankkeen alussa. Hankkeen aikataulutus tulee muodostaa niin, että lähtötie-
tomallin kokoamiseen jäisi riittävästi aikaa ja varsinainen suunnittelu pääsisi käyn-
nistymään, heti kun lähtötietomallin valmiusaste on sopiva. Lähtöaineistoluettelo
on tärkein dokumentti lähtötietomallista. Selostus pyritään pitämään mahdollisim-
man yksinkertaisena. Näistä dokumenteista tulee jättää seuraavalle tietojen käyttä-
jälle kiistaton käsitys tietojen epävarmuustekijöistä ja tarkkuudesta. /5. s. 14/

2.3 Eri osapuolten roolit

ST-urakassa urakoitsijan vastuulla on työsuoritus ja -suunnittelu. Suunnitteluvastuu
sisältää ehdotus-, yleis- ja toteutussuunnittelun. ST-urakka vaatii myös tilaajalta pe-
rehtymistä ja huolellista selvitystä kilpailuasiakirjoista. Tilaajan jättäessä urakoitsi-
jalle liikaa omaa suunnitteluvaraa, urakoitsija saattaa muuttaa suunnitelmia itselle
sopiviksi. Tällaisessa tapauksessa tilaajan kriteerit sekä laatuvaatimukset eivät vält-
tämättä täyty. /1, s. 4/

Tilaaja

Mallipohjaisessa hankkeessa on jokaisella osapuolella oma roolinsa, jonka keskeisin toimija on tilaaja. Tilaajan tulee vastata projektin valmistelusta, läpiviennistä ja vastaanottaa lopputulemat omiin arkistoihinsa ja kunnossapitojärjestelmiinsä. Tilaajan on hyvä huomioida hankkeen elinkaaren jokainen vaihe, jotta luovutusaineisto tulee olemaan vaatimusten mukainen ja palvelee täten seuraavaa vaihetta parhaalla mahdollisella keinolla. Omasta kokoonpanostaan ja rooleista päättää tilaaja itse hankkeen tarpeiden mukaan. Laadunvarmistuksen ja hankinnan tukena tilaajan voi käyttää ulkopuolista teknistä tukea, koska tilaajan käyttäjärooli on yleensä katselija ja kommentoija. /2, s. 23/

Projektijohto

Projektipäällikkö johtaa ja vastaa mallinnuksesta, kuten myös muista projektinjohtoon liittyvistä tehtävistä. Projektipäällikkö voi kuitenkin delegoida mallinnuksen johtamisen tehtävät asiantuntijalle, joten projektipäällikön tehtävä tietomallinnuksessa on yleisesti katselija ja kommentoija. /2, s. 23/

Pääsuunnittelija

Pääsuunnittelija vastaa suunnitteluntietomallinnuksen kokonaisorganisoinnista ja aikataulutuksesta, mutta mallinnuksen organisointi voidaan delegoida tietomallikoordinaattorille, jos pääsuunnittelija ei itse toimi tietomallikoordinaattorina. Suuremmissa hankkeissa käytetään yleisimmin tietomallikoordinaattoria. /2, s. 23/

Tietomallikoordinaattori

Tietomallikoordinaattori tehtävät tuotannossa ovat rakennesuunnitelmamallien tarkastaminen, toteutusaineiston laatiminen työnjohdon kanssa sekä toteutusaineiston jakaminen työmaalla toimijoille. Osaksi rakennushankkeen tiedonhallintaa-, laatua- tai laadunvarmistussuunnitelmaa varten tuotannon tietomallikoordinaattori laatii hankkeen mittaus suunnitelman joko erillisenä tai dokumenttina.

Muita tehtäviä yleisesti tietomallikoordinaattorilla tuotannossa on esimerkiksi vastata rakennusaikaisesta tiedonhallinnasta ja käsiteltävän tiedonhallintajärjestelmän reaaliaikaisuudesta, vastata määrälaskennoista, mallipohjaisen laadunvarmistuksen toteutuksesta, vastata rakentamisen laadunvarmistukseen liittyvien toteuma- ja tarkemittaustietojen ylläpidosta sekä näiden laatudokumentoinnista, mittausperustan ylläpidosta, työmaa mittaukset, mittauksien koordinointi sekä työkoneohjauslaitteiden toimivuudesta ja mittatarkkuudesta sekä laatia digitaaliset luovutusaineisto yhdessä työnjohdon kanssa. Tuotannon tietomallikoordinaattoriksi voidaan nimetä hankkeen mittauspäällikkö tai -vastaava. /2, s. 23/

Suunnittelijat

Suunnittelijat laativat sovittujen suunnittelu- ja mallinnusohjeiden mukaan omien tekniikanalojensa mukaan suunnitelmat mallipohjaisesti. Suunnittelijoiden on oltava vuorovaikutuksessa muiden hankkeessa mukana olevien tekniikanalojen kanssa, jotta voidaan varmistua tietomallien yhteensopivuudesta ja ristiriidattomuudesta. Suunnittelijat ja tietomalli koordinaattori vastaa laadunvarmistustoimenpiteistä ja dokumentoivat niistä yhdessä. /2, s. 23/

Työnjohto

Työnjohdon tulee vastata mallinnusten toteutuksien aikataulutuksesta, ohjauksesta, toteutuksesta sekä kokonaisuudessaan mallipohjaisesta laadunvarmistuksesta.

Työnjohdon tulee myös vastata säännöllisestä valmiusasteen, toteuman ja laadunvarmistuksen seurannasta sekä hankkeen loppudokumentoinnista. Työnjohdon on vastattava työmaaorganisaation perehdyttämisestä mallipohjaisen työmaantuotantoon ja mallipohjaiseen laadunvalvontamenettelyyn, jotta organisaatio voi tuottaa työt tilaajan laatuvaatimusten mukaisesti. Työnjohto vastaa myös laadunvarmistusmittausten tarkastamisesta ja hyväksymisestä. /2, s. 24/

Mittaja

Työmaalla työskentelevä mittaja vastaa työmaalla käytettävän mittauskaluston tarkkuudesta ja oikeellisuudesta. Mittajan tehtäviin kuuluu erilaisia tehtäviä, joista hänen tulee olla koko ajan vastuussa, näitä tehtäviä ovat esimerkiksi tarke- ja toteumamittaukset ja muut laadunvarmistukseen liittyvät mittaukset, kartoitus- ja merkintämittaukset, tukiasemien alustaminen ja ylläpito, työkoneiden ja tukiasemien tarkastusmittaukset sekä niiden dokumentointi ja taitorakenteiden mittaukset. /2, s. 25/

Työkoneenkuljettaja

Työkoneen kuljettajan on vastattava työkoneensa koneohjauslaitteiston toimivuudesta ja laitteilla suoritettavista toteumamittauksista ja kartoituksista mallipohjaisen laadunvalvontamenettelyn mukaan. Tuotannon tietomallikoordinaattorin ja työnjohdon avulla työkoneenkuljettaja perehtyy koneohjausaineistoon ja laadunvarmistuskäytäntöihin. /2, s. 25/

2.4 Digitaalinen luovutusaineisto

Infra-alalla yritetään hyödyntää tietomallintamista koko väylärakennushankkeen elinkaaren ajan jatkuvasti aina suunnittelusta rakentamiseen ja tätä kautta kunnossapitoon. Tietomalli on kolmiulotteinen näytös digitaalisessa muodossa

rakennelmasta sen ominaistietoineen. Tietomalli kasaantuu nimensä veroisesti tiedosta ja mallista. Yleisissä inframallivaatimuksissa (YIV 2019) on kuvattu valmiin työmaan digitaalisen luovutusaineiston muodostuminen. Luovutusaineisto tulee koostumaan toteumamallista ja -piirustuksista, ladunvarmistusaineistosta sekä näihin liittyvistä dokumentaatioista, tällä aineistolla pystytään todentamaan rakentamisen laatu. Hankkeen elinkaaren tiedonhallintaa pystytään hyvin parantamaan digitaalisella luovutusaineistolla, sillä aineisto toimii kokonaisuudessaan lähtötietona hankkeen kunnossapitovaiheelle. Aineiston avulla tietoa pystytään siirtämään eteenpäin seuraaville hankevaiheille sekä helpottamaan kootun materiaalin uudelleenkäyttöä. Yhdenmukainen luovutustapa ja materiaalin dokumentointi on merkittävä osa hankkeista alkavan tiedon jälleenkäytön oletusten heikentymistä. Tästä syystä luovutettava materiaali aina tulee jaotella vakiodusti ja siihen tulee sisällyttää aineistoselostus ja -luettelo. /2, s. 128/

Tietomallipohjainen luovutusaineisto kasaantuu lähtötietomallista sen metatietoineen, suunnitelmamallista sen metatietoineen sekä mallin mukaan yhdistettävästä omasta aineistosta. Tietomalliselostuksesta, mikä kuvailee mallin tilaa luovutushetkellä. Selostukseen kirjataan malliversion valmiustaso ja mallinnuksessa käytetyt ohjelmistot, numeroinnit ja nimeäminen. Tietomalliselostuksen avulla ulkopuolinen saa käsityksen suunnittelun tarkkuudesta. Luovutusaineiston erinomainen jälleenkäyttöarvo seuraavalle käyttäjälle varmistetaan seuraamalla tarkasti materiaalille määrättyjä edellytyksiä tiedon sisällyksestä, metatiedoista, malliselostuksista ja siirtoformaateista. Erinomainen hyöty saavutetaan hyödyntämällä tietomallipohjaista suunnittelua hankkeen alusta saakka koko sen elinkaaren ajan aina loppumiseen asti, eli suunnittelun kautta toteutukseen ja ylläpidosta purkamiseen. /8, s. 30–34/

Eri vaiheiden luovutusaineistojen edellytyksenä on, että tietoja siirretään avoimilla ja kaikkien osapuolten saatavilla olevilla tiedonsiirtoformaateilla eli Inframodel ja IFC, joita hyödynnetään siltojen ja muiden titorakenteiden tiedonsiirtoformaattina. Mikäli aineistoa ei ole perustellusti mahdollista tuottaa avoimilla tiedonsiirtoformaateilla, näin ollen käytännöistä sovitaan tilaajan kanssa. Tavallisesti näissä

tilanteissa tullaan käyttämään yleisesti tunnettuja muotoja kuten DWG, DGN, DXF tai kaksiulotteisen tiedon paikkatietoformaatteja. /15, s. 36/

2.5 Digitaalisen luovutusaineiston kokoaminen

Digitaalisen luovutusaineiston kokoamisessa on tärkeää ottaa huomioon se, että aina tullaan noudattamaan samoja pääperiaatteita ja -toimintatapoja. Pääperiaate luovutusaineiston muodostamisessa on koota luovutusaineisto päätason numeroinnin mukaisesti ja alikansioiden tietosisällön osalta sitova. Alikansioiden numeroinnissa voidaan kuitenkin käyttää juoksevaa numerointia. /3, s. 51–52/

Luovutusaineiston on tarkoitus toimia lähtötietona kunnossapidolle, joka on kallein vaihe hankkeen elinkaareissa. Luovutusaineiston kehittämisessä on suuri potentiaali entistä kustannustehokkaampien ratkaisuiden muodostamiseen. Luovutusvaiheen kehittäminen vaatii kunnossapitopuolelta ja tilaajalta aktiivista osallistumista luovutusaineiston kehittämiseen. /3, s. 52/

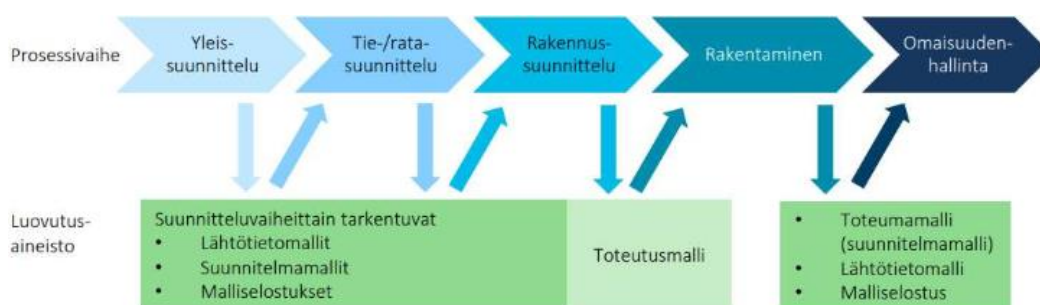
Koko mallinnus prosessin aikana huolehditaan siitä, että kerran mallinnettu tieto dokumentoidaan ja luodaan sellaisessa muodossa, että sitä on helppo käyttää myös prosessin seuraavissa vaiheissa. Osa mallinnustiedoista pystytään käyttämään sellaisenaan siirryttäessä vaiheesta seuraavaan, mutta osaa tullaan tarkentamaan suunnittelu vaiheessa, jotta vaiheen vaatimukset täytetään. Tärkeintä on, että perustyöt mallinnuksessa tehdään kerralla oikein.

Jokaisen suunnittelu- ja rakennusvaiheen päätteeksi luovutettava malliaineisto, mitä voidaan hyödyntää seuraavassa vaiheessa:

- Siirryttäessä suunnitteluvaiheesta toiseen malliaineiston tulee palvella seuraavan vaiheen suunnittelu hankintaa.
- Siirryttäessä suunnitteluvaiheesta toiseen malliaineiston tulee olla seuraavan vaiheen suunnittelun lähtökohtana.
- Siirryttäessä rakennussuunnitelmavaiheesta rakennus vaiheeseen malliaineiston tulee edistää päätöksentekoa ja hallinnollista käsittelyä.

- Rakentamis vaiheen jälkeen malliaineiston tulee edistää kunnossapito vaihetta ja omaisuudenhallintaa.
- Seuraavissa vaiheissa aikaansaatu digitaalinen aineisto käy seuraavien hankkeiden lähtötietona. /15, s. 35/

Kuviossa 2 on esitetty inframallinnuksen luovutusaineiston muodostuminen vaiheittain.



Kuvio 2. Inframallinnuksen luovutusaineiston muodostuminen vaiheittain.

Kuva: Liikennevirasto 2017.

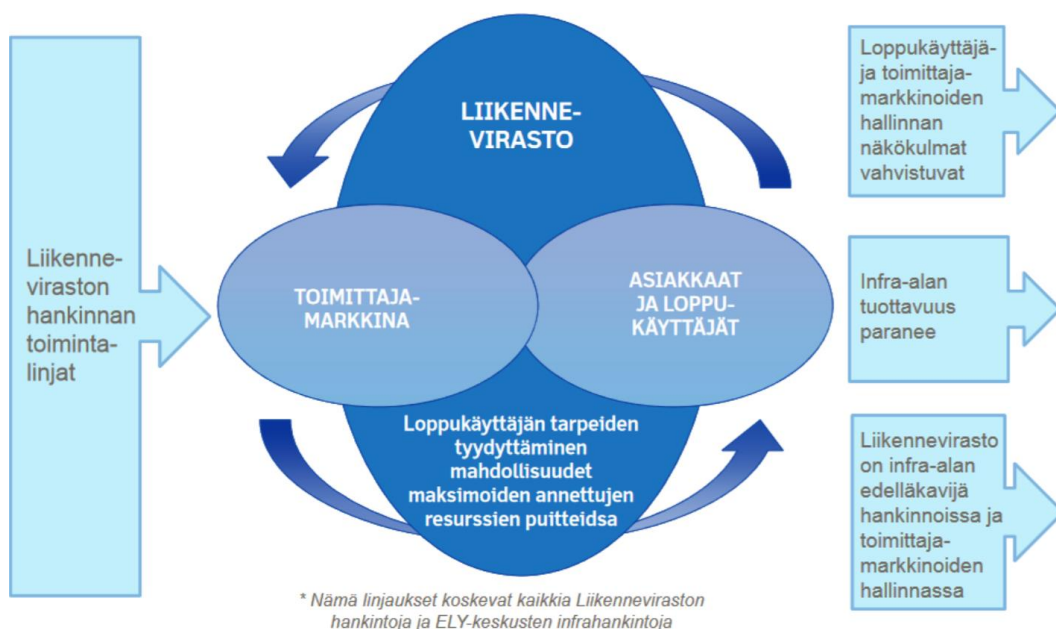
2.6 Digitaalisen luovutusprosessin elinkaari

Kun on kyseessä luovutettava mittausaineisto, usein mittauspäällikkö tai mittaus-töistä vastaava henkilö tulee tarkastamaan aineiston, tekee hän vaadittavat muun-nokset ennen luovutusta, jonka jälkeen toteuttaa tiedonsiirron. Pääurakoitsija voi vaadittaessa tarkastaa luovutettavan materiaalin ja vakuuttaa, että luovutusaineis-tossa löytyy joka ikinen tarvittava tieto. Hankkeen erityyppisiä luovutusvaiheita ovat useimmiten lähtötieto-, suunnitelma- ja toteuma-aineiston itselleluovutus. /8, s. 18/

Itselleluovutus tullaan suorittamaan jokaisessa luovutusvaiheessa, ennen tilaajalle luovuttamista. Itselleluovutuksen tarkoitus on selvittää sisäisesti, mikä on urakan luovutusvalmius. Tavoitteena prosessin päätyttyä on, että urakka on luovutuskun-nossa ja mahdollisille jäljelle jääville puutteille ja töille on korjaustoimenpiteet ja aikataulut sovittu. Luovutusaineiston toteuttaja tulee tekemään aineistolle vielä

lopullisen laadunvarmistuksen ja katsastuksen ennen lopullista luovutusta tilaajalle. Itselleluovutus dokumentoidaan jokainen kerta ja raporttidokumentti tullaan toimitamaan tilaajalle luovutuksessa. Itselleluovutus voidaan jakaa kolmeen kategoriaan: Todelliset työt, dokumentointi ja muut osapuolet. Kaikissa kategorioissa sisältyy useampi itselleluovutettava kohde ja aihe. /14, s. 37–42/

Lopullisessa luovutusvaiheessa urakasuoritus (käyttöönottotarkastus), todenne- taan oikein toteutuneeksi ja ryhdytään läpi käymään laaturaportteja. Käyttöönotto- tarkistuksen jälkeen tilaaja ottaa vastaan aineistot. Käyttöönottotarkastus pidetään usein yhteydessä hankkeen eri asianosaisten (tilaaja, urakoitsija, suunnittelija, kon- sultti ja dokumentointiyritys) kanssa. Käyttöönottokokouksessa selvitetään epä- tyydyttävät asiat sekä ryhdytään käymään edellä mainittuja asioita läpi ja tämän jälkeen voidaan hyväksyttää luovutus tai vaadittaessa suoritetaan korjaukset. Jokai- nen palaveri ja sopimus tulee dokumentoida ja luovuttaa näistä jokaisesta pöytäkir- jat ja dokumentit. /2, s. 98/



Kuvio 3. Väyläviraston hankinnan rooli palveluiden tuottamisessa ja hankin- nan tavoitteet. /16, 30/

3 VT 3 JA VT 18 PARANTAMINEN LAIHIAN KOHDALLA

Vt 3 ja vt 18 parantaminen, Laihian kohdalla -hankkeessa kehitettiin liikenteen sujuvuutta valtateiden solmukohdassa sekä sen lähetyvillä. Parantamistoimenpiteet nostivat liikenteen turvallisuutta onnettomuusherällä taajama-alueella. Parantamalla liikenneyhteyksiä valtateilla 3 ja 18 helpotettiin liikennevirtojen kulkua, jolloin oletukset sekä paikallisen, että pitkänmatkan liikenteen edistyvälle matkanteolle paranevat. Liikenteen turvallisuuden ja edistyvyyden hyödyttämisen lisäksi valtateiden kehittäminen mahdollistaa tehokkaan maankäytön ja alueen elinkeinon elinkehittämisen. Hankkeen aikana huomioitiin myös ympäristöarvot muun muassa uusiomaarakentamista hyödyntämällä. /6./

Hanke toteutettiin ST-urakkana ja koko hankkeen aikana hyödynnettiin tietomallinnusta aina suunnittelusta toteutukseen ja valvontaan asti. Urakassa yhteistyössä toimi Liikennevirasto, Skanska Infra Oy, A-Insinöörit Suunnittelu Oy. Jokaisella hankkeen kolmesta toimijasta on ollut toiminnassaan samat suunnittelujärjestelmät, tieosuuksilla Tekla Civil sekä siltarakennuksessa Tekla Structures, ja rakennusvaiheita arvioitiin yhteisissä kokouksissa. Suunnittelussa on ollut päämääränä työn edistyttyvyys sekä mahdollisimman kustannustehokas tasokkaiden rakennusmenetelmien ja -materiaalivaihtoehtojen käyttöönotto. Laihian tiehankkeen aikana tilaajana toimiva Liikennevirasto edellytti laajaa tietomallin hyödyntämistä. Esimerkiksi työmaakokouksissa on ollut käytössä pelkästään digitaalisessa muodossa olevat tietomallit. Tietomalli hyödyntää urakoitsijaa runsaasti hahmottamaan, kuinka suunnitelmat tulevat asettumaan valmiiseen rakenteeseen. /12./

3.1 Hankkeen sisältö

Urakkaan sisältyi ”Valtateiden 3 ja 18 parantaminen Laihian kohdalla; ST” -hankkeen rakennussuunnitelmien tuottaminen ja rakennustyön toteuttaminen siinä laajuudessa kuin se tuotevaatimuksissa ja suunnitelma-asiakirjoissa on määritelty kaikkine tiejärjestelyineen, varusteineen ja laitteineen siinä laajuudessa kuin tarjouspyynnön liitteenä olevissa asiakirjoissa on määritelty. (Liite 1, Urakkasopimus)

Projektin suunnittelun ja toteutuksen painopisteinä ovat: liikenteen turvallisuus ja sujuvuus, pohjaveden hallinta, pohjanvahvistus, sidosryhmien tarpeiden huomioiminen, tehokas ja toimiva viestintä sekä massojen hallinta. (Liite 4. Toiminta- ja laatusuunnitelma Vt3 ja Vt18 Laihia 28.07.17)

Urakan rakennustyöt suoritetaan Laihialla, missä valtatie 3 ja 18 risteävät. Valtatie 3 ja 18 sijoittuu uuteen maastokäytävään noin 2 km ja Valtatie 3 parannetaan noin 2,4 km. Tämän lisäksi rakennetaan uusia katujärjestelyjä, yksityisteitä ja kevyenliikenteenväyliä. Eritasoliittymiä on kolme ja uusia siltoja yhteensä 7 kpl. Meluesterakenteita on yhteensä noin 2 km. Liikennemäärät Vt 3 länsipuolelle on 9 100 ajoneuvoa/vrk, Vt 3 itäpuolella 4 200 ajoneuvoa/vrk ja Vt 18 itäpuolella 6 500 ajoneuvoa/vrk. /Liite 4. Toiminta- ja laatusuunnitelma Vt3 ja Vt18 Laihia 28.07.17/

3.2 Luovutusaineisto

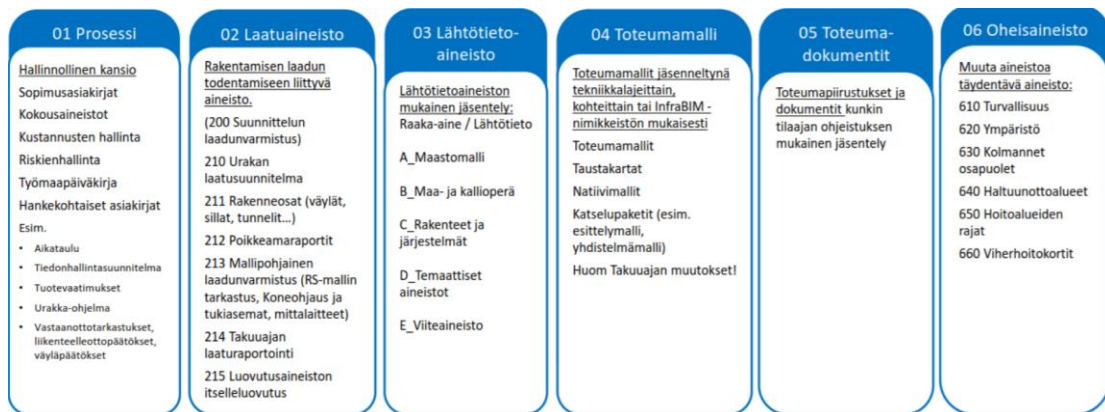
Rakennussuunnitelman dokumentointi tehdään ST-urakan dokumentointiohjeen mukaan. Rakennussuunnitelma arkistoidaan Liikenneviraston ”Tien rakennussuunnitelma, sisältö ja esitystapa 2013” -ohjeen mukaisesti. Urakan sisäinen luovutus toteutetaan siten, että urakka jaetaan hankkeittain järkeviin osiin ja osilla suoritetaan luovutusvalmiuden varmistamiseksi sisäinen luovutustarkastus. Sisäisessä luovutustarkastuksessa laaditaan luettelo havaituista virheistä ja puutteista sekä kirjataan vastuuhenkilöt. Sisäisen luovutuksen jälkeen varataan aikaa mahdollisten puutteiden korjaamiseen. Sisäisestä luovutuksesta vastaa projektipäällikkö, apunaan projekti-insinööri ja työmaapäällikkö. Usein sisäinen luovutus tehdään urakkarajalla, jolloin sisäinen luovutus tehdään esim. aliurakan vastaanottotarkastuksena. Sisäisiä luovutuksia tehdään mm. kantavasta kerroksesta ennen asfaltointia ja sillan rakenteista ennen maatyttöä. Sisäisen luovutuksen pöytäkirjat toimitetaan tilaajalle vähintään viikkoa ennen seuraavaa työmaakokousta. Mikäli tilaaja toteaa itselleluovutuksen asianmukaiseksi, kirjataan se työmaakokouspöytäkirjaan tehdyksi. (Liite 4. Toiminta- ja laatusuunnitelma Vt3 ja Vt18 Laihia 28.07.17)

Urakoitsija pyytää kirjallisesti vastaanottotarkastuksen pitämistä. Urakoitsija luovuttaa koko hankkeen laatuaineiston tilaajalle viimeistään neljä viikkoa ennen vastaanottotarkastuksen pitämistä. Myös dokumentti koko hankkeen itselleluovutuksesta (vähäisiä puutteita lukuun ottamatta) on toimitettava tilaajalle samassa määräajassa. Urakasta laaditaan loppuvaiheessa luovutusaikataulu, joka hyväksytetään tilaajalla. Aikataulussa on esitetty päivämäärä liikenteenotolle, aineistoluovutukselle sekä vastaanottotarkastukselle. (Liite 4. Toiminta- ja laatusuunnitelma Vt3 ja Vt18 Laihia 28.07.17)

Kohteesta tullaan pitämään taloudellinen loppuselvitys urakkasopimuksen mukaisesti. Taloudellisen loppuselvityksen tarkoituksena on päättää lopullisesti kaikki urakkaan liittyvät kysymykset sekä varmistaa ettei kummallekaan osapuolelle tule jäämään vaatimuksia urakkasuhteeseen liittyen. Pois luoteen mahdolliset takuuajana tulevat vaatimukset. Tavoitteena on, että taloudellinen loppuselvitys pidetään välittömästi työmaan luovutuksen jälkeen. /9, s. 90/

3.3 Aineiston keräystapa

Luovutusaineistoa tullaan keräämään BEM-projektipankkiin läpi koko hankkeen ajan. Buildercom BEM-rakennuttaminen on tehokas ja nykyaikainen projektipankki niin suurten rakennushankkeiden kuin pienen kunnossapitohankkeidenkin hallintaan aina hankesuunnittelusta vastuuajalle, koko hankkeen elinkaaren ajan. BEM-projektipankissa käytetään YIV 2019 mukaista luovutusaineiston kansiorakennetta. Vastaavanlainen luovutustapa ja aineistojen dokumentointi on merkittävä osa hankkeista kehittyvän datan jälleenkäytön oletusten helpottamista. Tämän takia luovutettava aineisto jaotellaan vakioidusti ja siihen tulee käsittää aineistoselostus ja -luettelo. Rakentamisen luovutusvaiheessa tullaan noudattamaan samaa tiedon jäsentelyä ja samaa pääjakoa kuin toteutusvaiheessa. Kuviossa 4 on kuvattuna hankkeen luovutusvaiheen tiedonjäsentely. /2, s. 128/



Kuvio 4. BEM-projektipankin kansiorakenne.

Trimble Connectin avulla IFC-mallit ja muut dokumentaatiot voidaan jakaa turvallisesti reaaliajassa muille hankkeen osapuolien saataville. Näin eri toimijat ovat projektista aina ajantasalla: piirustukset, yhdistelmämallit, määrätieto sekä ajantasainen projektin tila on helppo tarkistaa yhdestä paikasta. Trimblen tuotevalikoima on laaja ja tuo rakennusteollisuudelle tehokkaammat työkalut työskentelyyn kaikissa rakentamisen vaiheissa. Trimble Connectissa voidaan tarkastella hankkeen mallipohjaisia IFC-tiedostoja. Connect toimii myös takuuajaisen seurannan työkaluna ja apuna yhdistelmä mallin katselussa. Connectia kuvaillaan hankkeen tärkeimpänä aputyökaluna tiedostojen tarkastelussa. /13./

3.4 Aineiston tarkastus

Tilaajalle luovutettavan aineiston tarkastuksen vaatimuksena on, että aineiston mahdolliset poikkeamat tulee korjata ja tarkastaa ennen luovuttamista. Mikäli toteutusmalliin on jäänyt vielä tarkastuksenkin jälkeen poikkeamia, ne tulee kirjattava toteutusmalliselostukseen perusteluineen ja merkittävä aineistoon. Poikkeamat voidaan korjata paikkasidonnaisilla kuvilla mistä ilmenee poikkeama perusteluineen sekä paikka sidonnaisen kuvan avulla, kuinka poikkeama on korjattu. Toteutusmalli tulee olemaan infrarakenteen tai -järjestelmän tuotemallin tietosisällön osajoukko, joka kattaa suorituksen näkökannan, eli rakentamisen tehtävät, voimavarat, ajoituksen, jne. Tilanteen mukaan toteutusmallilla pystytään esimerkiksi tarkoittamaan

suunnitelmamallista tehtyä työkoneiden koneohjausmalleja tai mittauksia ja maastoon merkintää varten rakennettuja paikalleen mittausmalleja. /14, s. 33/

Mittauksista on voitu todentaa toleranssit toteutusmallista, silloin mallia voidaan käyttää toteumamallissa. Toteumamalli tulee olemaan rakennusvaiheen toteumilla päivitetty lähtötieto- ja toteutusmalli. Toteumamalli on keino kerätä hankkeen rakentamisen mittaamisessa ja työkoneohjauksessa hyödynnetty tietosisältö. Toteumamalli on sama kuin toteutusmalli, jos kohde on tehty toleransseissa. Toteumamallin aikaansaaminen on erityisen hyödyllinen, koska se sisältää reaalistuneen rakenteen tai järjestelmän tarkimman kuvauksen. Luovutusaineistoa päivitetään jatkuvasti ajan tasalle ja näin ollen voidaan todentaa, että hankkeen luovutusaineisto vastaa todellista. /14, s. 33/

4 JOHTOPÄÄTÖKSET

4.1 Yhteenveto

Tutkimuksen tärkeimpänä tavoitteena oli selvittää, mitkä ovat ST-hankkeen ominaispiirteet ja mitkä ovat eri toimijoiden roolit tämän tyypillisellä hankkeella. Lisäksi tutkimuksessa selvitettiin, miten luovutusaineistoa tuotettiin ja millaisia toimia tarvittiin ennen kuin aineisto oli valmiina luovutettavaksi. Tutkimuksessa käytettyjen materiaalien pohjalta vastauksia saatiin kysymyksiin mikä on ST-hanke, mitä tarkoittaa infraBIM ja mitä se sisältää, mitkä ovat eri osapuolten roolit ST-hankkeessa, mitä tarkoittaa digitaalinen luovutusaineisto, mistä se koostuu ja millä tavalla on digitaalisen luovutusaineiston elinkaari. Tutkimuksen loppu osassa käytiin myös läpi, kuinka Vt 3 ja Vt 18 parantaminen, Laihian kohdan luovutus toteutettiin sekä millaisia vaatimuksia asiakirjoissa on esitetty liittyen luovutusaineistoon.

Opinnäytetyössä toimin vain Skanska Infra Oy:n kanssa yhteistyössä. Mahdollisissa jatkotutkimuksissa voi käydä läpi muidenkin väylärakentamisessa vaikuttavien yritysten kanssa, kuinka he käyttävät hyödyksi digitaalista luovutusmenettelyä esimerkiksi STk- tai allianssiurakassa. Kansiorakennetta voisi mahdollisesti myös kehittää mutta tärkeää on, että digitaalinen luovutusaineisto tulee kehittymään. Luovutusaineiston kokoaminen olisi hyvä aloittaa samalla, kun rakennusprosessi alkaa näin välttyttäisiin ylimääräiseltä aineiston etsimeltä ja luovutusprosessi nopeutuisi huomattavasti esimerkiksi varustetietoja olisi hyvä kirjata luovutusaineistoon samalla kuin varusteet on asennettu todelliselle paikalleen. Luovutusprosessissa parannettavaa löytyy mutta parempaan suuntaan ollaan koko ajan menossa Skanskan henkilöstön mukaan.

Lopuksi voin todeta, että opinnäytetyöprosessi oli kokonaisuudessaan opettava kokemus. Vaikka aiheen olikin sen laajan näkökulman takia osittain haastava, oli mielenkiintoista päästä ensimmäistä kertaa toteuttamaan tutkimusta. Koen oppineeni etenkin tiedonhankintaa sekä teoriassa opittujen asioiden soveltamista käytäntöön.

LÄHTEET

- /1/ RT 10-11223. Talonrakennushankkeen kulku toteutusmuodot, Viitattu 9.2.2020. <https://kortistot.rakennustieto.fi/resource/juha/content/8473#page=1>
- /2/ Yleiset inframallivaatimukset YIV 2019/1, Viitattu 9.2.2020. https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2019/06/YIV-Yleiset-inframallivaatimukset-2019_1.pdf
- /3/ Partainen, A. ja Suntio, V. 2017. Digitaalinen luovutusaineisto. Pilottiprojektin loppuraportti. liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 15/2017, Viitattu 11.2.2020. https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lts_2017-15_digitaalinen_luovutusaineisto_web.pdf
- /4/ Plaana. 2015. InfraBIM koulutus, Viitattu 1.3.2020. <https://www.plaana.fi/infrabim-koulutus/>
- /5/ Tie- ja ratahankkeiden inframalliohje. Liikenneviraston ohjeita 12/2017, Viitattu 2.3.2020. https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lo_2017-12_tie_ratahankkeiden_web.pdf
- /6/ Väylävirasto. Vt 3 ja vt 18 parantaminen, Laihian kohta. Päivitetty 07.01.2020, Viitattu 10.3.2020. <https://vayla.fi/vt3laihia>
- /7/ ST-urakoinnin kelpoisuusehdot ja tulevaisuudennäkymät infrarakentamisessa. Timo Kuntsi 3/2018, Viitattu 18.3.2020. https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/142202/Kuntsi_Timo.pdf?sequence=1
- /8/ Väylärakennushankkeen digitaalinen luovutusaineisto ja sen jälleenkäyttöarvo. Anni Jakkila. 5/2017. <https://vayla.fi/documents/20473/24143/V%C3%84YL%C3%84RAKENNUSHANKKEEN+DIGITAALINEN+LUOVUTUSAI-NEISTO+JA+SEN+J%C3%84LLEENK%C3%84YTT%C3%96ARVO/3c6e4ba0-9170-49a8-bb35-71c3b82bbc2>
- /9/ Kankainen, & Junnonen, P. 2015. Rakennuttaminen. Helsinki: Rakennustieto Oy.
- /10/ Yleiset inframallivaatimukset YIV2015. Osa 5. Rakennemallit; Maa-, pohja- kalliorakenteet, päällys- ja pintarakenteet, 5.2 Maanrakennustöiden toteutusmallin (koneohjausmalli) laadintaohje. Destia Oy. Sami Snellman. 5/2015. https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/YIV2015_Mallinnusohjeet_OSA5_2_Vaylarakenteen_toteutusmallin_laatimisohje_V_1_0.pdf

- /11/ Yleiset inframallivaatimukset YIV 2015. Osa 5.3. Maanrakennustöiden toteumamallin laadintaohje. Destia Oy. Petteri Palviainen. 5/2015. https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/YIV2015_Mallinnusohjeet_OSA5_3_Maarakennustoiden_toteumamallin_laadintaohje_V_0_9.pdf
- /12/ Ison tiehankkeen työmaa digitalisoitui Laihialla. A-Insinöörit. <https://www.ains.fi/asiakastarinat/ison-tiehankkeen-tyomaa-digitalisoitui-laihialla/>
- /13/ Trimble Tekla. Trimble Connect, Viitattu 28.4.2020. <https://www.tekla.com/fi/tuotteet/trimble-connect>
- /14/ Tie- ja ratahankkeiden inframalliohje. Liikenneviraton ohjeita 12/2017, Viitattu 28.4.2020. https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lo_2017-12_tie_ratahankkeiden_web.pdf
- /15/ Elinkaarinäkökulman huomioiminen infra-alan hankkeiden hankinnassa. Susanna Suomela. 5/2019, Viitattu 22.4.2020. https://aaltodoc.aalto.fi/bitstream/handle/123456789/38912/master_Suomela_Susanna_2019.pdf?sequence=1
- /16/ Hirsjärvi, S., Remes, P. & Sajavaara, P. 2009. Tutki ja kirjoita. Helsinki. Tammi.
- /17/ Laadullinen tutkimus. Jyväskylän Yliopisto. Viimeksi muutettu 4/2015. <https://koppa.jyu.fi/avoimet/hum/menetelmapolkuja/menetelmapolku/tutkimusstrategiat/laadullinen-tutkimus>

LIITTEET

LIITE 1

Urakkasopimus 30.10.2015 (luottamuksellinen)

LIITE 2

Urakkaohjelma 28.10.2015 (luottamuksellinen)

LIITE 3

Urakkakohtaiset tuotevaatimukset ja arvonvähennykset 28.10.2015 (luottamuksellinen)

LIITE 4

Toiminta- ja laatusuunnitelma Vt3 ja Vt18 Laihia 28.07.17 (luottamuksellinen)